Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 391-406

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۰۶-۳۹۱

مقاله پژوهشی

پاسخ ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه (*Triticum aestivum* L.) دیم به کود نیتروژنی در شرایط آبیاری تکمیلی

ولی فیضی اصل[1*]، جعفر جعفرزاده[1]، مظفر روستایی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی پاسخ ارقام و لاین‌های پیشرفته گندم دیم به مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری تکمیلی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های سه بار خردشده با دو سطح آبیاری ۵۰ میلی‌متر در پاییز و ۵۰ میلی‌متر در پاییز + ۳۰ میلی‌متر در مرحله تورم غلاف برگ پرچم، دو زمان مصرف نیتروژن (کل در پاییز و ۲/۳ در پاییز و ۱/۳ هم‌زمان با آبیاری تکمیلی)، با ۴ سطح نیتروژن (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و سه ژنوتیپ تک‌آب، هور و Gen3 دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) اجرا شد. در این پژوهش عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی استفاده از نیتروژن و آب و ویژگی‌های کیفی دانه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، عملکرد سال اول اجرای آزمایش به دلیل بارندگی بیشتر به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.05$) نسبت به سال دوم افزایش داشت. انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را به‌ترتیب ۳۸، ۳۱ و ۴۱ درصد افزایش داد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. زمان مصرف پاییزی و تقسیطی نیتروژن روی عملکرد و اجزای عملکرد اثر معنی‌داری نداشت اما مصرف پاییزی نیتروژن باعث افزایش ۱۹۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه و افزایش کارایی استفاده از نیتروژن و آب شد. نیاز نیتروژنی گندم دیم با ۵۰ میلی‌متر آبیاری ۷۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت جای‌گذاری در زیر بستر بذر هم‌زمان با کاشت و برای ۸۰ میلی‌متر آبیاری، ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن که ۲/۳ سوم آن در پاییز و ۱/۳ هم‌زمان با آبیاری تکمیلی در مرحله تورم غلاف برگ پرچم تعیین شد.

واژه های کلیدی: اجزای عملکرد، کارایی استفاده از آب، کارایی استفاده از نیتروژن

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) نقش محوری در کشاورزی ایران ایفا می‌کند و آردی که از آن به‌دست می‌آید عمدتاً به تولید نان می‌رسد. حدود ۶۳ درصد سطح زیر کشت و ۴۰ درصد تولید گندم در ایران به‌صورت دیم می‌باشد. آمار نشان می‌دهد، میانگین گندم دیم در ایران (در پنج سال اخیر ۱۰۴۷ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با میانگین جهانی (۱۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) پایین است (Feiziasl *et al*., 2019).

معضل کم‌آبی باعث شده است تا اغلب کشاورزانی که گندم آبی کشت می‌کردند، به دلیل نداشتن آب کافی در بهار نتوانند به دفعات مورد نیاز، مزارع گندم را آبیاری نمایند. این مشکل منجر به کاهش تولید محصول با کیفیت پایین می‌شود. از این‌رو اصلاح‌گران گندم دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنبال معرفی ارقامی هستند که در شرایط محدودیت آب و کم‌آبیاری تحمل بیشتری به تنش خشکی آخر فصل و کاهش عملکرد دانه داشته باشند (Roostaei *et al*., 2013). در شرایط کنونی تولید بیشتر مواد غذایی با مصرف آب کمتر جزو اولویت‌های اصلی بخش کشاورزی است. یکی از راهکارهای اساسی برای نیل به این هدف، افزایش بهره‌وری مصرف آب از طریق کم‌آبیاری اراضی آبی و آبیاری تکمیلی اراضی دیم است (Hadi *et al*., 2017). منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود. در واقع، آبیاری تکمیلی یک مداخله موقت است و به‌نحوی طراحی می‌شود که بتوان در زمانی که آب فراهم است، تعرق طبیعی گیاه را افزایش دهد (Tatari *et al*., 2012).

نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد، دو عامل آب و نیتروژن از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گندم در شرایط دیم به‌شمار می‌آیند که در این میان نقش آب حدود ۲/۳ تا ۳/۹ برابر نیتروژن می‌باشد و این اهمیت بیشتر آب را در مقایسه با نیتروژن در تولید گندم دیم نشان می‌دهد (Limon-Ortega, 2009; Feiziasl

۱- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
۲- دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: vfeiziasl@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.71401.1066

et al., 2016). کمبود آب با کـاهش جـذب عناصـر غـذایی بـه‌ویـژه نیتروژن مقدمات کاهش رشد و به تبع آن عملکرد را فراهم می‌کند. با افزایش میزان رطوبت خاک، عملکرد دانه گندم در پاسـخ بـه مصـرف نیتروژن افزایش می‌یابد. به‌علاوه، فراهمی نیتروژن به‌طور قوی تحت تاثیر تأمین آب قرار می‌گیرد. بنابراین آبیاری در مرحله مناسب به‌ویـژه همراه با مصرف نیتروژن به مقدار لازم با افزایش رشد رویشی و تداوم دوره فتوسنتزی گیاه برای مدت زمان بیشتری باعث حصول عملکـرد مناسب می‌شود (Felekari *et al*., 2014). زیرا در منـاطق خشـک و نیمه‌خشک، کمبود نیتروژن بیش از هر عنصر غـذایی دیگـری عامـل محدودکننده رشد گیاه می‌باشد. علاوه بر جذب بیشتر ایـن عنصـر در بین عناصر پرمصرف توسط گندم، کمی مواد آلی به‌عنوان منبع طبیعی نیتروژن معدنی خاک و همچنین تبخیر در روزهای مصادف با مرحلـه رشد زایشی گندم دیم در مناطق سرد و نیترات‌زدایی از عوامـل اصـلی پاسخ گنـدم دیـم بـه نیتـروژن مصـرفی مـی‌باشـند (Fageria and Baligar, 2003; Brueck, 2008). بنابراین اسـتفاده از نیتـروژن در تولید محصول برای افزایش عملکرد و کیفیـت آن و کـارایی مصـرف آب، ایمنی محیطزیست و ملاحظات اقتصادی در شرایط دیم در تعادل با آب خاک بسیار مهم است (Grant *et al*., 2002). بر پایه تحقیقات انجام شده، انجام آبیاری تکمیلی همراه با مصرف بهینـه نیتـروژن در گندم دیم توانسته است عملکرد دانه را از ۱/۵ تا ۴ تن افـزایش دهـد (Heidarpour and Talaee, 2017). حیـــدرپور و طلائـــی (Heidarpour and Talaee, 2017) ۵۰ میلی‌متر آبیاری تکمیلـی را در مرحله گلدهی با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در مرحله پنجه‌زنی) برای گندم دیم رقـم کوهدشت با افزایش عملکرد ۱۹۴۳ کیلوگرم در هکتـار در کچسـاران توصیه نمودند. فعله‌کری و همکـاران (Felekari *et al*., 2014) ۱۰۰ میلی‌متر آبیـاری تکمیلـی را در مرحلـه گـرده‌افشـانی بـا مصـرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای رقم کراس البرز با افزایش ۱۴ درصد عملکرد دانه در کرمانشاه توصیه کردند. تاتاری و همکاران (Tatari *et al*., 2012) آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و دانه‌بندی را بر حسـب جبران کمبـود آب در منطقـه ریشـه از ظرفیـت زراعـی تـا عمـق ۶۰ سانتی‌متری با مصرف ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با افـزایش ۹۶۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانـه بـرای رقـم آذر۲ در منطقـه شـیروان خراسان شـمالی توصـیه نمودنـد. هـادی و همکـاران (Hadi *et al*., 2017) یک مرحله آبیاری تکمیلی به میزان ۶۵ میلی‌متر در خرداد ماه را با مصرف حدود ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتـروژن بـا افـزایش ۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار برای گندم رقم سرداری در تبریز توصیه نمودند که این رقم به دلیل حساسیت بالا به ورس برای شرایط آبیـاری تکمیلـی مناسب نمی‌باشد. متاسفانه اغلب پژوهش‌های یادشده یک ساله بوده و بر اساس آن‌ها نمی‌توان اثرات متقابل آبیـاری تکمیلـی و نیتـروژن را ارزیابی و توصیه‌های کـاربردی ارائـه نمـود. فیضـی اصـل و ولیـزاده (Feiziasl and Valizadeh, 2001) با یک پژوهش چهار ساله نیـاز نیتروژنی گندم رقم سبلان را با یک نوبت آبیـاری بـر حسـب جبـران کاهش رطوبت از ظرفیت زراعی تا عمق ۶۰ سـانتی‌متـری در مرحلـه ظهور سنبله ۶۳ کیلوگرم در هکتار با افزایش عملکرد ۵۷۲ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. توکلی (Tavakoli, 2004) با انجام پژوهش سه ساله نیاز نیتروژنی گندم سـبلان را بـا ۹۵ میلـی‌متـر آبیـاری کـه ۴۰ میلی‌متر آن در پاییز هم‌زمان با کاشـت و ۵۵ میلـی‌متـر در بهـار، ۶۰ کیلوگرم در هکتار با افزایش عملکرد دانـه ۱۶۶۳ کیلـوگرم در هکتـار گزارش نمود که نصف آن در پاییز هم‌زمان با کاشت و نصف دیگر در بهار مصرف شد. این نتایج نشان می‌دهد که اولاً نیاز نیتروژنـی گنـدم دیم رقم سبلان در شـرایط آبیـاری تکمیلـی بسـیار نزدیـک بـه هـم می‌باشد. ثانیاً زمان مصرف نیتروژن برای آبیاری تکمیلـی بـر خـلاف شرایط دیم که مصرف پاییزی نیتروژن مناسب‌ترین زمان برای گنـدم دیم در شمال‌غرب کشور توصیه شده است (Feiziasl *et al*., 2014; Sedri *et al*., 2017) روش تقسیطی می‌باشد.

با توجه به اهمیت آبیاری تکمیلی در شرایط دیم و نیاز به افزایش نیتروژن مورد نیاز گندم در این شرایط، ارزیابی پاسخ ارقام و لاین‌های گندم دیم به مقادیر مختلف نیتـروژن مصـرفی و تعیـین مقـدار آن از ضروریات تولید این گیاه استراتژیک در مناطق خشک و نیمـه‌خشـک به‌شمار مـی‌آیـد. از سـوی دیگـر، بخـش غـلات موسسـه تحقیقـات کشاورزی دیم در دهه اخیر ارقام مختلفی برای شرایط تـک‌آبیـاری و آبیاری تکمیلی برای مناطق کم‌آب معرفی کرده است که تعیین ارتباط واقعی بین نیاز نیتروژنی و وضعیت آبی گیاه و همچنین روابط بین این عوامل با اجزای عملکرد و صفات موثر در ارتقای کمّـی و کیفـی ایـن گیاه، نقش اساسی در تولید گندم دیم بـه‌ویـژه هسـته‌هـای بـذری در سطوح مختلف مانند پرورشی، مادری و گواهی شده دارد که از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و بـه‌صـورت کرت‌های سه بار خردشده با دو سطح آبیاری در کـرت اصـلی: ۱) ۵۰ میلی‌متر در پاییز و ۲) ۵۰ میلی‌متر در پاییز + ۳۰ میلی‌متـر در مرحلـه تورم غلاف برگ پرچم، دو زمان مصرف نیتروژن در کرت فرعـی: ۱) کل نیتروژن در پاییز و ۲) دو سوم نیتروژن در پـاییز و یـک سـوم آن هم‌زمان با آبیاری تکمیلی (در تیمـار یـک آبیـاری در بهـار همـراه بـا بارندگی‌های موثر بهـاری)، بـا ۴ سـطح نیتـروژن (۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در سطوح کرت فرعی فرعی و سه ژنوتیپ تک‌آب، هور و Griset-16(sup-96-18) طی دو سال زراعـی (۹۹–۱۳۹۷) در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) اجرا شد.

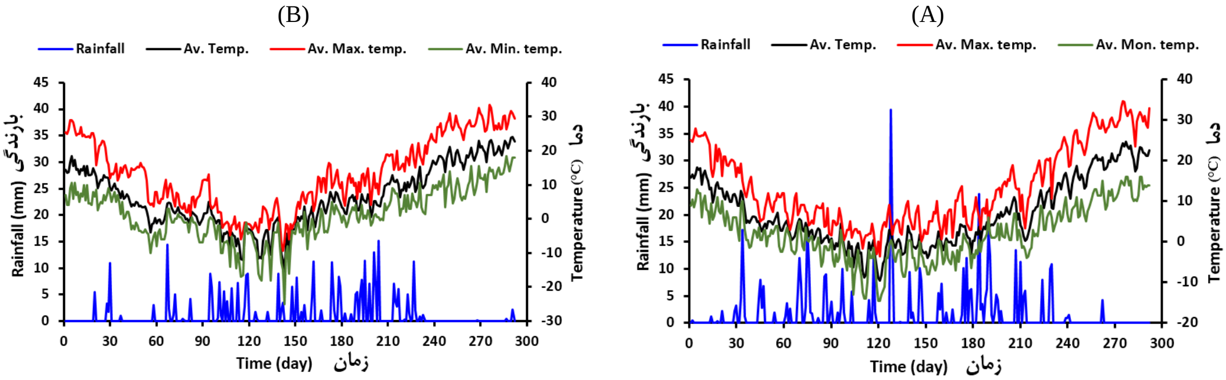
آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقـات کشـاورزی دیـم نشـان داد، در

سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ میزان بارندگی ۴۹۴/۶ میلی‌متر بود که نسبت به بلندمدت ۱۴۵میلی‌متر (۴۱ درصد) بیشتر بود. پراکنش این بارندگی در پاییز ۳۰ درصد (۱۴۸/۱ میلی‌متر)، زمستان ۳۷ درصد (۱۸۲/۸ میلی‌متر) و ۳۳ درصد (۱۶۳/۸ میلی‌متر) در بهار بود. اگرچه در هر سه فصل پاییز، زمستان و بهار به‌ترتیب ۴۴، ۶۰ و ۲۹ درصد در مقایسه با آمار بلندمدت بارندگی افزایش داشت اما بیشترین افزایش مربوط به فصل زمستان بود (جدول ۱، شکل A1). در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ میزان بارندگی ۳۳۹/۸ میلی‌متر بود که نسبت به بلند مدت ۲۱ میلی‌متر (۵/۸ درصد) کمتر بود. پراکنش بارندگی در پاییز ۱۶ درصد (۵۳/۴ میلی‌متر)، زمستان ۴۴ درصد (۱۵۱/۱ میلی‌متر)، ۳۶ درصد (۱۲۲/۳ میلی‌متر) در بهار و تابستان (تیرماه) ۴ درصد (۱۳ میلی‌متر) بود. بارندگی فصل پاییز ۴۸ درصد (۴۸/۶ میلی‌متر) نسبت به بارندگی مشابه در این فصل و ۶۴ درصد (۶۴/۷ میلی‌متر) نسبت به فصل مشابه در سال پیش کاهش داشت. در حالی که بارندگی فصل بهار حدود ۲۷ درصد (۳۲/۱ میلی‌متر) بیشتر از بهار سال پیش و ۹ درصد (۱۱/۷ میلی‌متر) کمتر از بهار در بلند مدت بود (جدول ۱ شکل B1).

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال‌های اجرای آزمایش و میانگین بلندمدت (۲۰ سال)

Table 1- Meteorological information for station of Dryland Agricultural Research Institute (DARI) in cropping seasons and long term (20 years)

سال Year	بارندگی Rainfall (mm)	میانگین حداقل دما Mean Min. temperature (°C)	میانگین حداکثر دما Mean Max. temperature (°C)	میانگین دما Mean temperature (°C)	تعداد روزهای زیر صفر Days of blow zero	رطوبت نسبی هوا Relative humidity (%)	تبخیر و تعرق Evaporation (mm)
۱۳۹۷-۹۸ 2018-19	494.6	3.2	11.9	7.5	120	64.1	1001
۱۳۹۸-۹۹ 2019--20	339.8	2.3	11.5	6.3	123	62.8	1055
بلندمدت Long term	361.0	2.2	11.8	7.0	126	57.5	1082



شکل ۱- تغییرات بارندگی و دمای هوا در طول دوره رشد در سال زراعی ۹۸-۹۷ (A) و ۹۹-۹۸ (B)

Figure 1- Variation of rainfall and air temperature in 2018-2018 (A) and 2019-2020 (b) cropping seasons

قبل از اجرای آزمایش نمونه خاکی به روش مرکب از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری محل اجرای آزمایش تهیه و بافت خاک به روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود، کربن آلی به روش اکسایش تر، pH در گل اشباع، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، درصد اشباع به روش وزنی، فسفر قابل جذب گیاه در خاک با عصاره‌گیر اولسن، پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم و عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز، روی و مس با عصاره‌گیر DTPA اندازه‌گیری شد (Ali Ehyaei, 1999). با توجه به این‌که عناصر قابل استفاده فسفر (۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، پتاسیم (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، آهن (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم)، منگنز (۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم)، روی (۰/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) و مس (۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک بیش از حد بحرانی این عناصر برای گندم دیم بود (جدول ۲)، لذا نیاز به مصرف کودهای حاوی این عناصر نبود (Feiziasl *et al.*, 2004; Feiziasl *et al.*, 2009).

جدول ۲ – خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق ۰ الی ۲۵ سانتی‌متری

Table 2- Soil physical and chemical properties of experiment location (0-25 cm)

سال Year	اسیدیته خاک pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع S.P	کربنات کلسیم CaCO3	کربن آلی O.C	نیتروژن کل Total N	فسفر قابل جذب P (av.)	پتاسیم قابل جذب K (av.)	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
			(%)				($mg.kg^{-1}$)						(%)		
1397-98 2018-19	8.0	0.80	57.2	3.2	0.70	0.13	15.6	532	5.0	11.8	1.0	1.7	45	41	14
1398-99 2019-20	7.6	0.30	52.0	5.0	0.53	0.07	10.5	304	5.4	13.2	0.9	1.8	14	57	29

قبل از اجرای آزمایش از هر بلوک و بلافاصله بعد از برداشت محصول، از هر کرت فرعی فرعی نمونه خاک تا عمق ۴۰ سانتی‌متری جهت تعیین میزان رطوبت خاک و محاسبه کارایی استفاده از آب (WUE) تهیه شد. کارایی استفاده از آب با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (Bian *et al.*, 2016):

$$WUE = \frac{GY}{ET} = \frac{GY}{P + I - \Delta S} \qquad (۱)$$

در این رابطه:

WUE: کارایی استفاده از آب (کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، ET: تبخیر و تعرق در طول دوره رشد گندم (میلی‌متر)، P: بارندگی در طول فصل زراعی (میلی‌متر)، I: میزان آبیاری (میلی‌متر) و ΔS: مقدار آب ذخیره شده در پروفیل خاک در محدوده ریشه تا عمق ۴۰ سانتی‌متری (میلی‌متر) که برابر با مقدار آب در محدوده ریشه در زمان کاشت منهای مقدار رطوبت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک است.

کاشت با استفاده از بذرکار هاسیای آزمایشی پشت تراکتوری مجهز به سیستم جای‌گذاری کود در زیر بستر بذر دارای ۱۱ ردیف با فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر (عرض کار دستگاه ۲/۲ متر) در دهه اول مهر ماه انجام گرفت. طول هر کرت فرعی در فرعی ۱۴ متر و عرض آن ۲/۲ متر بود. مصرف نیتروژن در تیمارهای پاییزی هم‌زمان با کاشت و به‌صورت جای‌گذاری در زیر بستر بذر انجام گرفت و تیمارهای سرک در مرحله تورم غلاف برگ پرچم مصرف شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ابتدا اثرات حاشیه‌ای کرت‌ها (نیم متر از طرفین انتهایی و یک ردیف از هر دو طرف کناری) حذف و بقیه کرت به‌صورت دستی (کف‌بر) برداشت و عملکرد بیولوژیک (کاه + دانه) توزین شد. پس از خرمن‌کوبی عملکرد دانه و وزن هزاردانه اندازه‌گیری تعیین شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در چهار ردیف یک متری تعداد سنبله بارور در هر کرت فرعی فرعی شمارش شد. به‌منظور تعیین ارتفاع گیاه، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله، تعداد ۲۰ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت فرعی فرعی انتخاب شد. خصوصیات کیفی دانه شامل درصد پروتئین، عدد زلنی (ضریب سدیمانتاسیون)، سختی دانه و درصد نشاسته با استفاده از روش غیرمخرب فروسرخ نزدیک (NIR) اندازه‌گیری شد (Ghiassi Tarzi and Salehifar, 2011).

داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار GenStat14 پس از آزمون یکنواختی خطاهای سال به‌صورت مرکب تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای (دانکن) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید. معادلات با استفاده از نرم‌افزار Curveexpert 2.6.3 تعیین، شکل‌ها در Excel و تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) در نرم‌افزار Xlstat2016 ترسیم شدند.

نتایج و بحث

با توجه به این‌که اثرات متقابل عامل‌های مورد ارزیابی مانند: آبیاری در زمان مصرف نیتروژن، آبیاری در نیتروژن، آبیاری در ژنوتیپ، زمان مصرف نیتروژن در نیتروژن، زمان مصرف نیتروژن در ژنوتیپ بر روی عملکرد و اجزای عملکرد در این پژوهش معنی‌دار نبود، لذا اثرات اصلی معنی‌دار عامل‌ها مورد بحث قرار گرفت.

الف) اثر سال: میانگین نتایج سال‌های آزمایش نشان داد، بیشترین عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه به‌ترتیب با ۱۰۵۳، ۳۷۱۶ و ۶۸۲۱ کیلوگرم در هکتار به سال اول اجرای آزمایش اختصاص داشت که به‌طور میانگین ۲۹ درصد ($P \leq 0.05$) بیشتر بود. افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.01$) جزء تعداد سنبله در واحد سطح به میزان ۶۹ درصد (۲۵۰ سنبله در مترمربع) بود (جدول ۳). بررسی آمار هواشناسی دو سال اجرای آزمایش دلیل اصلی بیشتر بودن عملکرد دانه و تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان موثرترین جزء از اجزای عملکرد دانه را به‌خوبی آشکار نمود، زیرا بارندگی در سال اول زراعی ۱۵۴/۸ میلی‌متر (۴۶ درصد) و در فصل رشد در بهار ۴۱/۴ میلی‌متر (۳۴ درصد) بیشتر از سال دوم بود (جدول ۱ و شکل ۱). اغلب پژوهشگران و صاحبنظران عرصه دیم بر این باورند که عملکرد دانه گندم در شرایط دیم بیش از هر عاملی به میزان بارندگی

بستگی دارد و با افزایش آن به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (Matar *et al.*, 1987; Feiziasl *et al.*, 2016).

اثر سال بر روی سختی دانه (P≤0.01) و درصد نشاسته دانه (P≤0.01) معنی‌دار بود. با توجه به این‌که سختی آندوسپرم دانه یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در تعیین کیفیت و نوع مصرف دانه گندم به‌عنوان نان، شیرینی و انواع پاستا محسوب می‌شود و از سوی دیگر، سختی دانه نشان‌دهنده برخی ویژگی‌ها مانند مقاومت در برابر حشرات و مقاومت در برابر خرد شدن در طی حمل و نقل نیز می‌باشد، بنابراین ژنوتیپ‌ها و یا تیمارهایی که دارای بافت سخت‌تری هستند، علاوه بر کاهش ضایعات محصول موجب بالا رفتن کیفیت محصول نهایی یعنی نان می‌شود (Piri Saray, 2017). با این وصف، کیفیت دانه تولیدی در سال اول اجرای آزمایش از لحاظ سختی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود (جدول ۳). این در حالی است که پژوهشگران بر این باورند که سختی دانه همبستگی بالایی با عوامل ژنتیکی گیاه دارد و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Maassoudifar and Mohammadkhani, 1995). بنابراین انتظار بر این است که تغییرات زیادی از لحاظ عددی در دامنه این ویژگی در تیمارهای محیطی مانند سال، آبیاری و نیتروژن در پژوهش حاضر نباشد و این امر نیز با دامنه پایین اعداد به‌ویژه بین سال‌ها (۲/۵ واحد) در مقایسه با میانگین تیمارها ۵۷/۷ کاملاً موید این موضوع است (جدول ۳). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته روی سختی دانه ارقام مختلف گندم نشان می‌دهد که این ویژگی یکی از مهم‌ترین عوامل در کیفیت حجم نان است که همبستگی بسیار بالایی با کیفیت گلوتن و نشاسته آن دارد (Hoseney, 1986). مطابق این فرضیه، در پژوهش حاضر نیز نشاسته در سال اول اجرای آزمایش همانند سختی دانه به‌طور معنی‌داری (P≤0.05) بیشتر از سال دوم بود (جدول ۳).

مسئله مهمی که در اثر سال قابل تأمل می‌باشد، تفاوت در کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد. علی‌رغم اختلاف زیاد بین دو سال اول (۱۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) و دوم (۸/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) اجرای آزمایش، این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. شاید این امر به دلیل تغییرات بالای این ویژگی در بانک اطلاعاتی (واریانس زیاد) در بین منابع تغییر و کم بودن نسبی درجه آزادی خطای مربوطه (d.f = 4) برای این ویژگی باشد اما اختلاف ۶/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم در کارایی زراعی استفاده از نیتروژن قابل اغماض نیست و این نیز برتری سال زراعی اول را در مقایسه با سال دوم نشان می‌دهد (جدول ۳).

ب) اثر آبیاری تکمیلی: انجام آبیاری تکمیلی در دو زمان کاشت (۵۰ میلی‌متر) و تورم غلاف برگ پرچم (۳۰ میلی‌متر) در مقایسه با تک آبیاری در زمان کاشت (۵۰ میلی‌متر) توانست عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه را به‌ترتیب ۳۸ (۲۹۷۵ کیلوگرم در هکتار)، ۳۱ (۸۹۵ کیلوگرم در هکتار) و ۴۱ درصد (۲۰۶۹ کیلوگرم در هکتار) افزایش دهد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. اگرچه با دو مرحله آبیاری تکمیلی هر سه جزء عملکرد دانه افزایش داشت اما افزایش ۱۱ درصدی وزن هزار دانه (P≤0.01) و ۱۰ درصدی تعداد دانه در سنبله (P≤0.05) از لحاظ آماری معنی‌دار بود و افزایش این دو جزء باعث افزایش عملکرد دانه در سطح دوم آبیاری تکمیلی شد (جدول ۳). با انجام هر میلی‌متر آبیاری در تیمار دوم، عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه به‌ترتیب ۹۹، ۳۰ و ۶۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. انجام آبیاری تکمیلی در مرحله دوم منجر به افزایش معنی‌دار (P≤0.01) ارتفاع گیاه به میزان ۷/۲ سانتی‌متر شد که این امر باعث افزایش اندام‌های هوایی گیاه به‌عنوان منبع فتوسنتزی گیاه شد. همچنین در این تیمار کارایی استفاده از نیتروژن ۶۰ درصد و کارایی استفاده از آب ۲۸ درصد افزایش یافت که در این میان افزایش کارایی مصرف آب از لحاظ آماری معنی‌دار (P≤0.05) بود (جدول ۳). پژوهشگران معتقدند، انجام آبیاری تکمیلی باعث کاهش دمای پوشش سبز گندم به‌ویژه در مراحل بحرانی، کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه، افزایش کارایی استفاده از آب و در نهایت افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گندم به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد روزنه‌ها و میزان تعرق در اثر افزایش سطح اندام‌های فتوسنتزکننده می‌شود (Feiziasl *et al.*, 2014; Al-Ghzawi *et al.*, 2018). سدراس و مک دونالد (Sadras and McDonald, 2012) در یک جمع‌بندی کارایی استفاده از آب را برای تولید دانه در گندم زمستانه در کشورهای مختلف از ۷/۲ تا ۹/۹ کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر گزارش کردند که با مصرف کود نیتروژنی کارایی استفاده از آب برای گندم دیم افزایش یافت. دانگ و همکاران (Dong *et al.*, 2011) با انجام ۱۲۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر آبیاری از مرحله پنجه‌زنی تا گلدهی گندم کارایی استفاده از آب را برای تولید دانه ۱۹/۷ تا ۲۱/۴ کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر محاسبه کردند که به دلیل آبیاری کامل و تولید عملکرد بالا (بیش از ۷/۲ الی ۷/۶ تن در هکتار) و نداشتن تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد، مقادیر آن بالاتر از نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. با توجه به دامنه (۷/۱ تا ۹/۱ کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر) کارایی استفاده از آب برای تولید دانه در پژوهش حاضر، می‌توان گفت این نتایج با نتایج سدراس و مک دونالد (Sadras and McDonald, 2012) کاملاً مطابقت دارد.

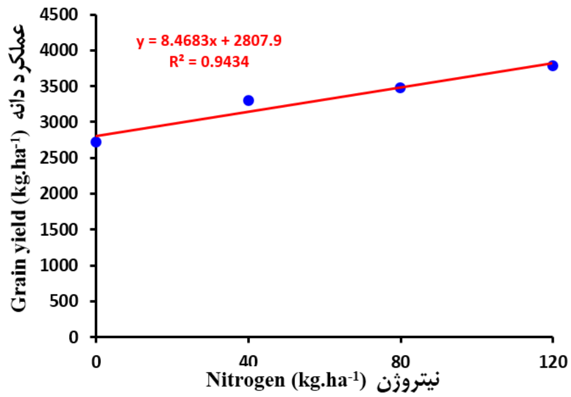
انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار (P≤0.01) ویژگی‌های کیفی دانه شامل درصد پروتیئن، عدد زلنی و سختی دانه و کاهش درصد نشاسته شد، اما افزایش درصد پروتئین دانه تنها ۰/۰۸ واحد یعنی کمتر از یک درصد بود (جدول ۳). اگرچه کیفیت آرد و پخت نان در یک رقم گندم، صفتی پیچیده و تحت تأثیر عوامل متعدد محیطی و ژنتیکی می‌باشد (Johansson *et al.*, 1998) اما با توجه به این‌که تغییر میزان پروتئین دانه در سایر تیمارهای محیطی در پژوهش حاضر (سال، آبیاری، مقدار و زمان مصرف نیتروژن) نیز بسیار ناچیز می‌باشد، به نظر می‌رسد، مقدار پروتئین دانه در ارقام مختلف گندم دیم بیشتر ژنتیکی بوده و کمتر تحت تاثیر عامل‌های محیطی

قرار می‌گیرد. درخشان و همکاران (Derakhshan *et al*., 2017) نیز با بررسی ارتباط بین ویژگی‌های کیفی دانه در لاین‌ها و ارقام امیدبخش گندم دیم گزارش کردند که دو ویژگی سختی دانه و عدد زلنی تاثیرگذارترین صفات کیفی دانه بودند که توانستند ۷۳ درصد از تغییرات ویژگی‌های کیفی دانه را توجیه نمایند. آن‌ها نیز گزارش کردند، تغییرات میزان پروتئین دانه نقش موثری در تغییرات صفات کیفی نداشت.

ج) اثر زمان مصرف نیتروژن: اگرچه زمان مصرف پاییزی و تقسیطی نیتروژن بر روی هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی (به‌استثنای عدد زلنی و درصد نشاسته) اثر معنی‌داری نداشت اما مصرف پاییزی نیتروژن باعث افزایش ۸ (۶۷۷ کیلوگرم در هکتار)، ۶ (۱۹۵ کیلوگرم در هکتار) و ۹ (۴۹۲ کیلوگرم در هکتار) درصدی به‌ترتیب عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه شد. در این تیمار کارایی مصرف نیتروژن و آب به‌ترتیب ۱۸ و ۷ درصد در مقایسه با مصرف تقسیطی افزایش یافت. تغییرات محسوسی در سایر صفات مشاهده نشد اما عدد زلنی به‌طور معنی‌داری (P≤0.01) در مصرف پاییزی بیشتر و درصد نشاسته (P≤0.05) کمتر از مصرف تقسیطی نیتروژن بود (جدول ۳). این نتایج نشان داد، برخلاف تصوّرات پیشین حتی در شرایط آبیاری تکمیلی (مقادیر کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر) در منطقه مورد آزمایش، مصرف پاییزی نیتروژن نه تنها تفاوت معنی‌داری با مصرف تقسیطی ندارد، بلکه مصرف پاییزی می‌تواند روش مطمئنی برای دستیابی به عملکردهای بالا و تامین بهینه نیتروژن مورد نیاز گیاه باشد.

د) اثر نیتروژن: مصرف نیتروژن بر روی اغلب صفات مانند عملکرد و اجزای عملکرد، کارایی استفاده از نیتروژن و آب اثر معنی‌دار داشت. مصرف نیتروژن باعث افزایش ۳۲ تا ۵۳ درصدی عملکرد بیولوژیک (۲۳۱۱ الی ۳۷۹۹ کیلوگرم در هکتار)، ۲۲ تا ۴۰ درصدی عملکرد دانه (۵۸۸ الی ۱۰۷۲ کیلوگرم در هکتار) و ۳۹ تا ۶۱ درصدی عملکرد کاه (۱۷۲۴ الی ۲۷۲۶ کیلوگرم در هکتار) شد. این افزایش بیشتر مرهون افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود که با مصرف نیتروژن به میزان ۱۲ تا ۲۰ درصد (۵۲ الی ۸۶ سنبله در مترمربع) افزایش یافت (جدول ۳). پژوهشگران بر این باورند که صفت تعداد سنبله در واحد سطح ثبات نسبی بیشتری در مقابل تنش خشکی در مقایسه با دو جزء تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه دارد و مصرف نیتروژن بیشتر از طریق افزایش این ویژگی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود (Daniel and Triboi, 2002; Shepherd *et al*., 2002).

رابطه بین نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه از نوع خطی بود. تغییرات نیتروژن مصرفی توانست ۹۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید. مطابق این مدل، با مصرف هر کیلوگرم در هکتار نیتروژن، عملکرد دانه ۸/۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۲). منصور و همکاران (Mansour *et al*., 2017) با مطالعه بر روی ۱۶ لاین گندم گزارش کردند که مصرف نیتروژن به‌طور معنی‌داری در همه لاین‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه شد و جالب این‌که در هر ۱۶ لاین تا آخرین سطح مصرف نیتروژن افزایش عملکرد به‌صورت خطی بود. در حالی که فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al*., 2014) گزارش کردند که رابطه بین میزان نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه در ۷ ژنوتیپ گندم دیم زمستانه از نوع درجه دوم بود. شاید تفاوت نتایج پژوهش حاضر با نتایج فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al*., 2014) در خصوص نوع خطی و درجه دوم بودن معادله انجام دو سطح آبیاری تکمیلی در پژوهش حاضر باشد.



شکل ۲- رابطه بین نیتروژن با میانگین عملکرد دانه

Figure 2- Relationship between nitrogen rates and grain yield

جدول ۳- مقایسه میانگین تعدادی از صفات مورد بررسی گیاهی در سطوح تیمارهای آزمایشی

Table 3- Mean comparison of some traits measured experimental treatments

سال Year	عملکرد بیولوژیک BY (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه GY (kg.ha^{-1})	عملکرد کاه SY (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه TKW (g)	تعداد سنبله در مترمربع NSM	تعداد دانه در سنبله GNS	ارتفاع گیاه PH (cm)	طول سنبله SL (cm)	کارایی استفاده از نیتروژن NUE (kg.kg^{-1})	کارایی استفاده از آب WUE (kg.ha^{-1}.mm^{-1})	پروتئین دانه SP (%)	عدد زلنی No. Zeleny	سختی دانه GH	نشاسته دانه GS (%)
97-98	10536a	3716a	6821a	36.8a	614a	24.4a	70.1a	6.1a	15.0a	7.3a	11.70a	32.7a	58.9a	61.6a
98-99	8130b	2916b	5225b	37.2a	364b	23.7a	65.0a	6.1a	8.3a	9.0a	11.72a	33.7a	56.4b	61.4b
Irrigation (mm)	آبیاری													
50	7846b	2868b	4988b	35.1b	480a	22.9b	64.0b	5.7b	9.0a	7.1b	11.67b	30.1b	57.0b	61.9a
50+30	10821a	3764a	7057a	39.0a	499a	25.2a	71.2a	6.5a	14.4a	9.1a	11.75a	36.3a	58.3a	61.1b
Time زمان														
Fall پاییز	9672a	3414a	6269a	36.7a	490a	24.7a	66.9a	6.2a	12.7a	8.4a	11.71a	34.3a	57.8a	61.5b
Split تقسیطی	8995a	3218a	5777a	37.3a	488a	23.5a	68.2a	6.0a	10.7a	7.9a	11.71a	32.1b	57.5a	61.6a
Nitrogen (kg.ha^{-1})	نیتروژن													
0	7148c	2712c	4436c	37.7a	429b	23.1b	66.5a	5.9b		6.7c	11.64d	26.0d	56.9b	62.2a
40	9459b	3299b	6160b	37.5a	481a	23.0b	66.9a	6.0ab	17.2a	8.1b	11.68c	28.5c	57.8a	62.1a
80	9780b	3469b	6333b	37.1a	532a	24.9a	67.3a	6.2a	9.2b	8.4b	11.73b	36.0b	58.1a	61.2b
120	10946a	3784a	7162a	35.7b	515a	25.2a	69.6a	6.3a	8.9b	9.4a	11.78b	42.1a	57.9a	60.5c
Genotype	ژنوتیپ													
Takab تکاب	8964b	3263a	5702b	36.7b	489a	25.2a	67.4a	6.3a	10.7a	8.0a	11.69a	31.7c	57.1b	61.9a
Hoor هور	9372ad	3334a	6053a	37.8a	482a	23.8b	68.4a	5.9a	12.3a	8.2a	11.72a	33.1b	57.1b	61.2b
Gen3 ژنوتیپ۳	9664a	3351a	6313a	36.6a	497a	23.2b	67.0a	6.1a	12.2a	8.2a	11.72a	34.8a	58.7a	61.4b

حروف مشترک در هر ستون برای هر عامل بیانگر عدم معنی‌داری در مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

The means with the same letters for each factor in columns are not significantly different according to Duncan multiple range test (5% probability)

TBY: Biological yield, GY: Grain yield, SY: Straw yield, TKW: thousand kernel weight, NSM: Number of spikes per square meter, GNS: Grain number per spike, PH: Plant height, SL: Spike length, NUE: Nitrogen use efficiency, WUE: Water use efficiency, SP: Seed protein, GH: Grain hardness, GS: Grain starch.

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای اجزای عملکرد با عملکرد دانه در سطوح میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد، هر سه متغیر مستقل ۶۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را به‌طور مثبت و معنی‌دار ($P \leq 0.01$) توجیه نمودند اما در این میان بیشترین سهم را در توجیه عملکرد دانه به‌ترتیب صفت تعداد سنبله در واحد سطح با ۴۴ درصد، تعداد دانه در سنبله با ۳۵ درصد و در نهایت وزن هزار دانه با ۲۱ درصد داشت. این نشان می‌دهد، تعداد سنبله در واحد سطح همراه با سایر اجزای عملکرد دانه می‌تواند عملکرد گندم دیم را در شرایط آبیاری تکمیلی بهبود بخشد (جدول ۴). این در حالی است که در شرایط دیم و بدون انجام آبیاری تکمیلی مهم‌ترین و تنها صفت بهبود عملکرد دانه با مصرف سطوح مختلف نیتروژن تعداد سنبله در واحد سطح می‌باشد و دو جزء دیگر نقش موثری در افزایش عملکرد دانه ندارند. پژوهشگران دیگری نیز گزارش کرده‌اند که در ارقام معرفی شده برای شرایط دیم، جزء تعداد سنبله در واحد سطح موثرترین عامل در افزایش عملکرد دانه و دو جزء دیگر نقش چندانی در آن ندارند و حتی در برخی موارد اثر وزن دانه در شرایط دیم بر عملکرد دانه منفی گزارش شده است (Mahmood and Shahid, 1991; Feiziasl *et al.*, 2014).

$$Y = 0.483X_1 + 0.356X_2 + 0.367X_3 \,;\, R^2 = 0.67 \;\&\; R^2_{adj} = 0.65$$

Y: Grain yield, X_1: Number of spikes per square meter, X_2: Thousand kernel weight and X_3: Grain number per spike

جدول ٤- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای اجزای عملکرد دانه در سطوح میانگین تیمارها (n=48)

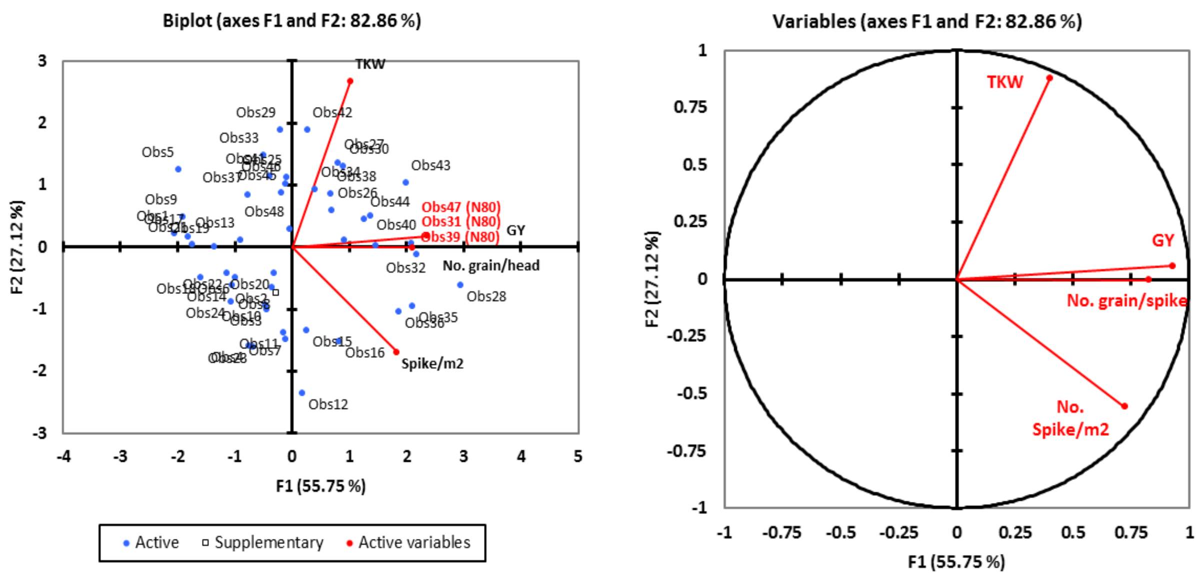
Table 4- Results of stepwise regression analysis for grain yield components at means of treatments levels (n=48)

متغیر Variable	ضریب استاندارد شده Standardized Coefficient (β^*)	خطای استاندارد Standard error of β^*	ضریب β Coefficient β	خطای استاندارد β Standard error	آزمون t T test	سهم متغیر در توجیه عملکرد Contribution of variable in yield	سهم متغیر در توجیه عملکرد دانه Contribution of variable in yield (%)
ضریب ثابت Constant	-	-	-5697.9	1082.5	-5.3***	-	–
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per square meter	0.483	0.0966	6.1	1.2	5.0***	0.29	44
وزن هزار دانه TKW	0.356	0.0896	99.3	25.0	4.0***	0.14	21
تعداد دانه در سنبله Grain number per spike	0.367	0.0984	98.4	26.4	3.7***	0.24	35

از سوی دیگر، تجزیه به مولفه‌های اصلی عملکرد دانه و اجزای عملکرد نشان داد که جزء تعداد دانه در سنبله و سپس تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد دانه دارند. مطابق این نتیجه، دو مولفه اول حدود ۸۳ درصد تغییرات را توجیه نمودند که در مولفه اول دو صفت تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح به‌ترتیب با ۳۱ و ۲۴ درصد توجیه به همراه عملکرد دانه (۳۹ درصد) بیشترین نقش مثبت و معنی‌دار را داشتند. در این مولفه وزن هزاردانه تنها ۷ درصد از تغییرات را به خود اختصاص داد. وزن هزاردانه به‌طور مستقل در مولفه دوم حدود ۷۱ درصد از تغییرات را به خود اختصاص داد که در آن تعداد سنبله در واحد سطح با ۲۹ درصد نقش منفی بیشترین توجیه را در بین صفات غیرمعنی‌دار به خود اختصاص داد (جدول ۵ و شکل A۳). ارزیابی تیمارهای آزمایشی موثر در توجیه صفات مورد ارزیابی در این تجزیه نشان داد که تیمارهای نزدیک به مولفه عملکرد دانه (مشاهدات ۳۱، ۳۹ و ۴۷) مربوط به تیمار مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب در ارقام هور، تک‌آب و ژنوتیپ شماره ۳ بودند (شکل B۳). بنابراین تجزیه و تحلیل‌های یادشده نشان می‌دهد که مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اولاً حداکثر تعداد سنبله در واحد سطح را تولید نمود و از

لحاظ تعداد دانه در سنبله نیز وضعیت مطلوبی بین تیمارهای آزمایشی داشت (جدول ۳). ثانیاً بیشترین تغییرات عملکرد دانه در تجزیه به مولفه‌های اصلی مربوط به تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود. در نتیجه می‌توان این تیمار را به‌عنوان نیاز نیتروژنی برای ارقام مورد ارزیابی در شرایط آبیاری تکمیلی معرفی نمود.

(B) (A)



شکل ۳- بای پلات عملکرد و اجزای عملکرد (A) و تیمارهای موثر در توجیه صفات مورد ارزیابی (B)

Figure 3- Biplot of grain yield and yield components (A) and effective treatments in contribution of triats (B)

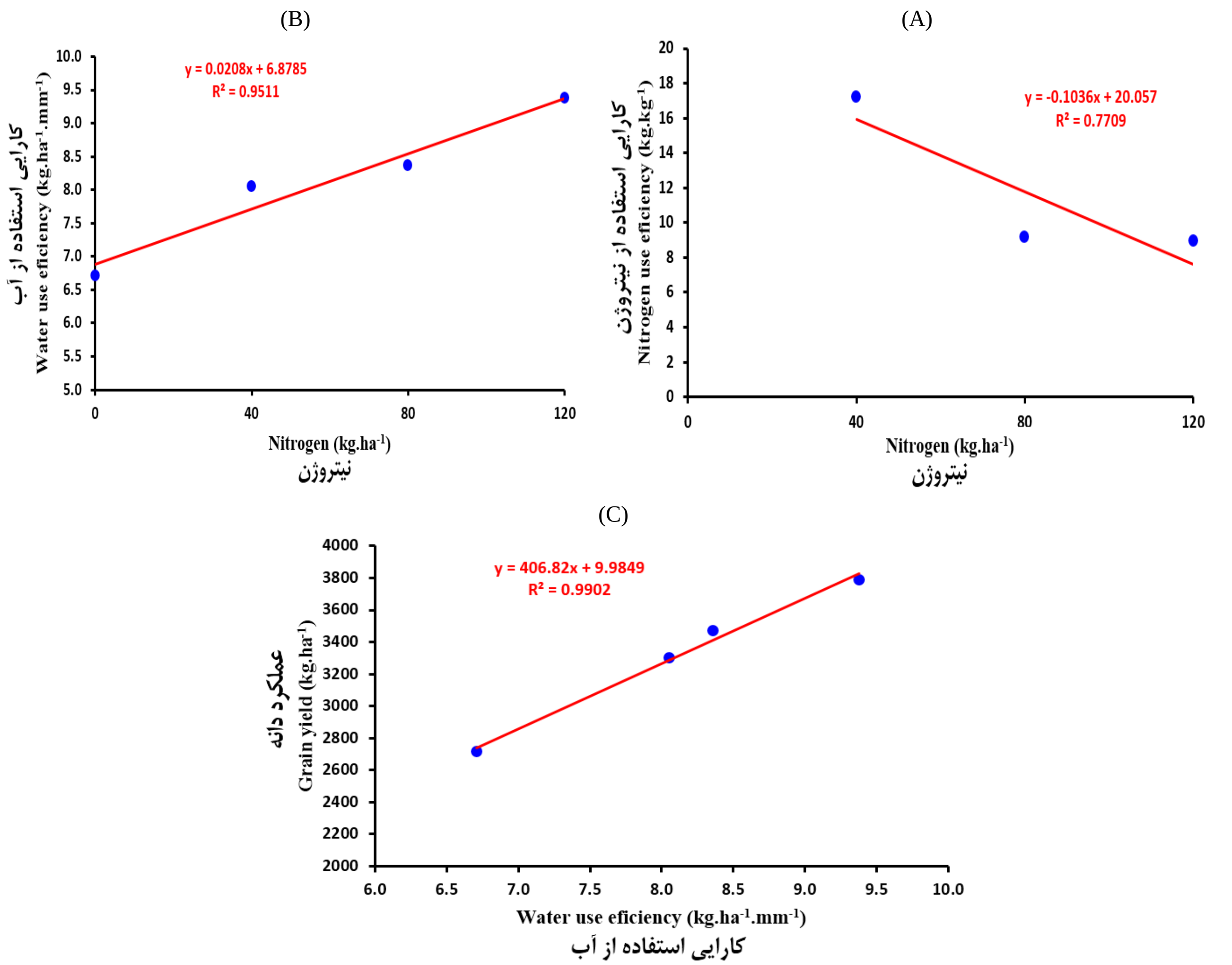
جدول ۵- تجزیه به مولفه‌های اصلی، مقادیر ویژه و درصدهای واریانس عامل‌ها در میانگین تیمارها

Table 5- Principal component analysis, eigenvalue and variability percrntage of factors in mean of tretments

Traits صفات	عامل اول	عامل دوم
Grain yield عملکرد دانه	**0.861**	0.003
No. Spike per m^2 تعداد سنبله در واحد سطح	**0.525**	0.311
Thousand Kernel Weight وزن هزاردانه	0.161	**0.770**
No. Seed per spike تعداد دانه در سنبله	**0.683**	0.001
Eigenvalue ارزش ویژه	2.230	1.085
Variability درصد تغییرپذیری	55.75	27.12

با مصرف نیتروژن، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن به‌صورت خطی سیر نزولی داشت (شکل A۴). به‌طوری که با مصرف هر کیلوگرم در هکتار نیتروژن، کارایی استفاده از این عنصر به میزان ۰/۱۰ کیلوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت. بر خلاف کارایی استفاده از نیتروژن، با مصرف نیتروژن کارایی استفاده از آب به‌طور معنی‌داری (P≤0.01) افزایش یافت و رابطه بین میزان مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از آب همانند رابطه بین میزان نیتروژن و عملکرد دانه از نوع خطی بود. مطابق این رابطه با مصرف هر کیلوگرم نیتروژن، کارایی استفاده از آب به‌طور میانگین ۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر افزایش یافت (شکل B۴) و این باعث افزایش ۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد (شکل C۴). نتایج پژوهش‌های پیشین نیز نشان می‌دهد که کارایی زراعی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف نیتروژن در منطقه مورد آزمایش سیر نزولی دارد (Feiziasl, 2007; Feiziasl, 2011). سدراس و مک‌دونالد (Sadras and McDonald, 2012) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژنی، کارایی استفاده از آب برای گندم دیم افزایش یافت. آن‌ها این رابطه را از نوع درجه دوم معرفی کردند که در خصوص درجه دوم بودن آن با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. شاید دلیل آن استفاده از مقادیر بسیار بالای نیتروژن در پژوهش آنان بوده است. آکونا و همکاران (Acuña *et al.*, 2015) کارایی استفاده از آب را برای گندم دیم با مصرف بهینه نیتروژن و کاهش تلفات آب از طریق تبخیر، زهکشی و رواناب از ۵۸ درصد به ۱۰۰ درصد رساندند و بیشترین مقدار این کارایی به

میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر در این محصول رسید کـه در مقایسه با بهترین شرایط پژوهش حاضر ۳/۲ برابـر مـی‌باشـد و علـت اختلاف فاحش آن با نتیجه پژوهش حاضر می‌تواند تفـاوت در میـزان بارندگی بسیار بالا (۴۹۹ تا ۹۶۵ میلی‌متر) و مقدار آبیاری (۲۴ تـا ۲۴۰ میلی‌متر) در شرایط آزمایش آنان باشد.



شکل ٤- رابطه بین نیتروژن و کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (A) و کارایی استفاده از آب (B) و رابطه بین کارایی استفاده از آب و عملکرد دانه (C)

Figure 4- Relationship between nitrogen rate, nitrogen use efficiency (A) and water use efficiency (B) and water use efficiency with grain yield (C)

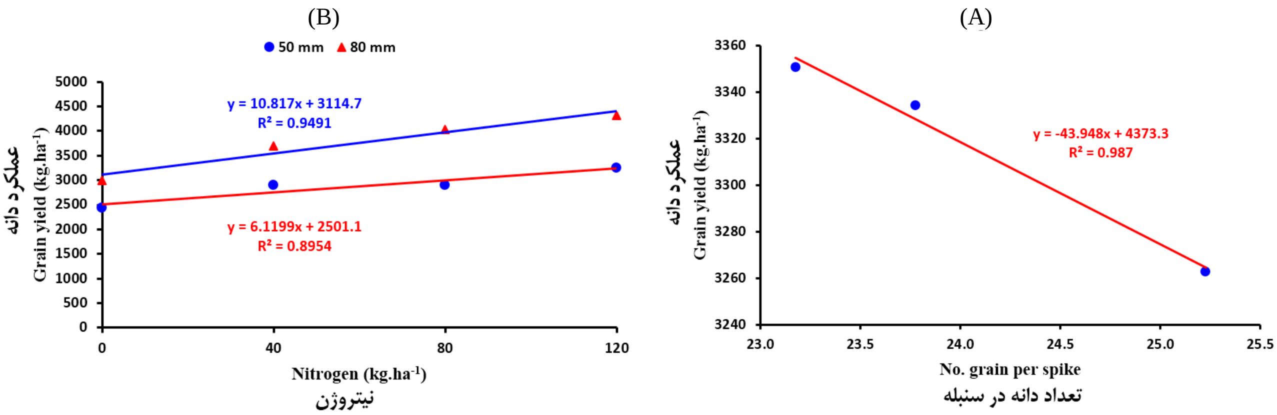
ه) اثر ژنوتیپ: نتایج مقایسه میانگین صفات برای ژنوتیـپ‌هـای مورد بررسی نشان داد (جدول ۳)، بیشترین عملکرد بیولوژیک، دانـه و کاه به‌ترتیب با ۹۶۶۴، ۳۳۵۱ و ۶۳۱۳ کیلـوگرم در هکتـار از ژنوتیـپ شماره ۳ به‌دست آمد که از لحاظ آماری دو صفت عملکرد بیولوژیک و کاه با رقم تک‌آب معنی‌داری ($P \leq 0.01$) و با رقم هور در یک کـلاس قرار گرفتند. بین سه ژنوتیپ مورد بررسی از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و بیشترین تفاوت بین آن‌هـا ۸۸ کیلـوگرم در هکتار بود. با توجه به این‌که از سه جزء عملکرد دانه تنهـا بـین تعـداد دانـه در سـنبله و عملکـرد دانـه ژنوتیـپ‌هـای مـورد بررسـی رابطـه معنی‌داری (منفی) وجود داشت، بنابراین ژنوتیـپ شـماره ۳ کـه دارای کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط میانگین تیمارها بود، بـه‌عنـوان ژنوتیپ مطلوب شناخته شد (شکل A۵).

بین ژنوتیپ‌هـای مـورد بررسـی از لحـاظ پـروتئین دانـه تفـاوت معنی‌داری مشاهد نشد، اما از لحاظ سه ویژگی کیفی دانه یعنـی عـدد زلنی، سختی دانه و درصد نشاسته تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) وجود داشت. بیشترین عدد زلنی و سختی دانه مربوط به ژنوتیپ شماره ۳ و

بیشترین نشاسته مربوط به رقم تک‌آب بود (جدول ۳).

با توجه به محدودیت عنصر نیتروژن در شرایط دیم، کارایی استفاده از نیتروژن در ژنوتیپ ۳ و رقم هور بیش از رقم تک‌آب بود اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد، علی‌رغم معنی‌دار نبودن این ویژگی استفاده از ژنوتیپ‌های شماره ۳ (یا هور) در شرایط محدودیت نیتروژن می‌تواند موثر واقع شود. در پژوهش سدری و همکاران (Sedri *et al.*, 2017) کارایی زراعی استفاده از نیتروژن به‌طور میانگین ۷ کیلوگرم بر کیلوگرم (۱۰/۸ تا ۱۵/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارایی نیتروژن-۱۵، ۱۶/۲ تا ۲۳/۴ درصد متغیر بود. فیضی اصل و همکاران (Feiziasl *et al.*, 2016) کارایی زراعی استفاده از نیتروژن را در ۷ ژنوتیپ گندم دیم ۱۰/۹ تا ۲۲/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم و از طریق نیتروژن-۱۵، ۱۴/۳ تا ۱۸/۳ درصد گزارش کردند. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر در دامنه هر دو پژوهش یادشده می‌باشد. ایادی و همکاران (Ayadi *et al.*, 2015) گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گندم دوروم در شرایط دیم کشور تونس تفاوت معنی‌داری از لحاظ کارایی زراعی مصرف نیتروژن وجود دارد. در پژوهش آن‌ها دامنه این کارایی از ۱۶/۳ تا ۳۰/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم بود که دامنه آن در مقایسه با اعداد به‌دست آمده از پژوهش حاضر تا حدودی بالا می‌باشد. ماندیک و همکاران (Mandic *et al.*, 2015) گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ کارایی زراعی استفاده از نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما مصرف نیتروژن توانست به‌طور معنی‌داری این کارایی را افزایش دهد که این افزایش همانند نتیجه پژوهش حاضر با افزایش مقدار نیتروژن سیر نزولی داشت. آن‌ها مقدار کارایی زراعی مصرف نیتروژن را برای گندم نان در شرایط دیم کشور صربستان با بارندگی ۴۹۰ میلی‌متر ۱/۳ تا ۳/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم تعیین کردند که این اعداد بسیار پایین‌تر از اعداد به‌دست آمده از پژوهش حاضر می‌باشد. کارایی استفاده از نیتروژن به عوامل مختلفی مانند پاسخ گیاه به کود مصرفی و همچنین وضعیت محیطی مانند نوع کود، زمان مصرف کود، رطوبت و حاصلخیزی خاک و رقابت بستگی دارد که این عوامل باعث تفاوت در نتایج به‌دست آمده در شرایط مختلف برای یک محصول می‌شود (Harmsen, 1984). در خصوص کارایی استفاده از آب آکونا و همکاران (Acuña *et al.*, 2015) بر روی ۵ رقم گندم در ۲۷ آزمایش در کشور استرالیا با بارندگی‌های بیش از ۵۰۰ میلی‌متر (۴۹۹ الی ۹۶۵ میلی‌متر) میانگین کارایی مصرف آب برای تولید عملکرد دانه را بین ۱۱/۴ تا ۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر گزارش کردند. آن‌ها حداکثر کارایی استفاده از آب را ۳۰ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر با ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تعرق گزارش کردند. این کارایی حدود ۳/۷ برابر بیشتر از کارایی مصرف آب برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی در پژوهش حاضر می‌باشد اما نتایج سدراس و آنگوس (Sadras and Angus, 2006) با میانگین ۹/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر کارایی استفاده آب برای گندم دیم در کشور استرالیا بسیار نزدیک به نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

اثرات متقابل آبیاری در نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عامل‌های مورد بررسی در این پژوهش بر روی عملکرد و اجزای عملکرد غیرمعنی‌دار بود اما رابطه بین نیتروژن مصرفی در دو سطح آبیاری نشان داد که در هر دو شرایط رابطه از نوع خطی است و با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش می‌یابد. مقدار عملکرد دانه در تمامی سطوح مصرف نیتروژن در آبیاری ۸۰ میلی‌متر به‌طور میانگین ۸۹۵ کیلوگرم در هکتار (۵۵۶ تا ۱۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از آبیاری ۵۰ میلی‌متر بود که این افزایش ناشی از اثر آبیاری تکمیلی مرحله دوم به میزان ۳۰ میلی‌متر است (شکل B۵). در چنین مواردی رابطه بین کود مصرفی با پاسخ گیاه به‌صورت خطی است، انتخاب بهینه مقدار عنصر غذایی مورد نیاز گیاه مطابق با نظر پژوهشگر و در نظر گرفتن مسائل اقتصادی (هزینه و سود) تعیین می‌گردد و ساده‌ترین روش انتخاب بر اساس درصد عملکرد قابل حصول می‌باشد که بر این اساس مناسب‌ترین میزان مصرف نیترژن در سطوح مختلف آبیاری دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد می‌باشد (Feiziasl, 2008). مطابق این نظر، برای تک آبیاری در زمان کاشت مصرف ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زمان کاشت به‌صورت جای‌گذاری و برای دو مرحله آبیاری (۵۰ میلی‌متر زمان کاشت و ۳۰ میلی‌متر در مرحله تورم غلاف برگ پرچم) مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن توصیه می‌شود که دو سوم آن در پاییز هم‌زمان با کاشت (۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن معادل با ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و یک سوم آن هم‌زمان با آبیاری مرحله دوم (۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن معادل با ۶۵ کیلوگرم در هکتار اوره) مصرف می‌شود. توکلی و اویس (Tavakkoli and Owise, 2002) نیز رابطه بین نیتروژن مصرفی با سطوح مختلف آبیاری تکمیلی را در گندم مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش آن‌ها نیز با افزایش میزان آب مصرفی پاسخ گندم به مصرف نیتروژن افزایش یافت و در سطوح بالای مصرف آب، افزایش عملکرد دانه با مصرف نیتروژن به صورت خطی اما در سطوح پایین مصرف آب از نوع درجه دوم بود. نتایج پژوهش آن‌ها در خصوص پاسخ گندم دیم به نیتروژن مصرفی در سطوح مختلف آبیاری و همچنین خطی بودن رابطه آن‌ها در سطوح بالای آبیاری با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۵- رابطه بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه (A) و میزان نیتروژن مصرفی با عملکرد دانه در سطوح آبیاری تکمیلی (B)

Figure 5- Relationship between Grain number per spike and grain yield (A) and nitrogen rate with grain yield in supplementary irrigation levels

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، سال اول اجرای آزمایش به دلیل این‌که بارندگی بیشتری داشت توانست تعداد سنبله بارور در واحد سطح و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه بیشتری را تولید کند. انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی نیز توانست ارتفاع گیاه را افزایش دهد که این امر باعث افزایش اندام‌های هوایی گیاه به‌عنوان منبع فتوسنتزی، کارایی استفاده از نیتروژن و آب و در نتیجه عملکرد دانه شد. مصرف پاییزی و تقسیطی نیتروژن در شرایط آبیاری تکمیلی (مقادیر کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری بر روی عملکرد دانه و بیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم دیم نداشت لذا می‌توان قسمت اعظمی از نیتروژن مورد نیاز گندم دیم را در شرایط آبیاری تکمیلی در پاییز به‌صورت جای‌گذاری مصرف نمود. با مصرف نیتروژن هر سه جزء عملکرد دانه افزایش یافت و این باعث افزایش به‌طور میانگین ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد که در این میان نقش تعداد سنبله در واحد سطح بیش از دو جزء دیگر بود. با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش و کارایی استفاده از آب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این نقش مثبت مصرف بهینه نیتروژن را در کاهش اثرات تنش خشکی نشان می‌دهد. نیاز نیتروژنی گندم دیم در شرایط تک آبیاری ۷۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دو بار آبیاری ۹۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

References

1. Acuña, T. B., Lisson, S., Johnson, P., and Dean, G. 2015. Yield and water-use efficiency of wheat in a high-rainfall environment. Crop and Pasture Science 66 (5): 419-429.
2. Al-Ghzawi, A. L. A., Khalaf, Y. B., Al-Ajloun, Z. I., AL-Quraan, N. A., Musallam, I., and Hani, N. B. 2018. The effect of supplemental irrigation on canopy temperature depression, chlorophyll content, and water use efficiency in three wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.) varieties grown in dry regions of Jordan. Agriculture 8: 67.
3. Ali Ehyaei, M. 1999. Description of soil method analysis. 1024. Department of Agriculture, Soil Water Research Institute 2: 1-112. (in Persian).
4. Ayadi, S., Chamekh, Z., Karmous, C., Jallouli, S., Ahmed, N., Hammami, Z., Rezgui, S., and Trifa, Y. 2015. Evaluation of grain yield and nitrogen agronomic efficiency (NAE) in Tunisian durum wheat cultivars (*Triticum turgidum* ssp durum). Journal of New Sciences 15 (4): 510-516.
5. Bian, C., Ma, C., Liu, X., Gao, C., Liu, Q., Yan, Z., Ren, Y., and Li, Q. 2016. Responses of winter wheat yield and water use efficiency to irrigation frequency and planting pattern. PLoS ONE 11 (5): e0154673.
6. Daniel, C., and Triboi, E. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: Effects of temperatures and water stress. European Journal of Agronomy 16: 1-12.
7. Derakhshan, F., Golkari, S., and Sadeghzadeh, B. 2017. Evaulation of the allelic diversity of high-molecular-weight glutenin subunits by SDS-PAGE in cultivar and dryland promising wheat genotypes. Crop Science Research in Arid Regions 1 (2): 222-233. (in Persian with English abstract).
8. Dong, B. D., Shi, L., Shi, C. H., Qiao, Y. Z., Liu, M. Y., and Zhang, Z. B. 2011. Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. Agricultural Water Management 99: 103-110.
9. Feiziasl, V. 2007. Study on the effects of different sources and rates of soil nitrogen on quality and quantities of

rainfed wheat. Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Final Report, No. 317/86. (in Persian).

10. Feiziasl, V. 2011. Study on nitrogen rate and time application effects in nitrogen use efficiency and different dryland wheat genotypes quality and quantity. Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Final Report, No. 39694/90. (in Persian).
11. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Pala, M., and Mosavi, S. B. 2009. Determination of micronutrient critical Levels by plant response column order procedure for dryland wheat (*T. aestivum*. L.) in Northwest of Iran. International Journal of Soil Science 4 (1): 14-19.
12. Feiziasl, V. 2008. Soil testing: Interpretation of calibration experimental results with Mistcherlich and Bray equation, plant response column order procedure, interaction chi–square statistical procedure and integrated system. Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Buletin No. 208/87. (in Persian).
13. Feiziasl, V., and Valizadeh, Gh. R. 2001. Nitrogen and phosphorous requirement of dryland Sabalan wheat under rain fed and supplemental irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 3 (4): 16-28. (in Persian with English abstract)
14. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astarae, A. R., Lakzian, A., and Mousavi, S. B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfed bread wheat genotypes. Seed and Plant Production Journal 30 (2): 169-198. (in Persian with English abstract).
15. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astaraei, A., Lakzian, A., and Jafarzadeh, J. 2019. Determination of chlorophyll content and nitrogen status using SPAD in dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 17 (2): 221-240. (in Persian with English abstract).
16. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astaraei, A., Lakzian, A., Mousavi Shalmani, M., and Khorasani, A. 2016. Calibration of soil available nitrogen and water content with grain yield of dryland wheat. Journal of Water and Soil 30 (5): 1556-1573. (in Persian with English abstract).
17. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astaraei, A., Lakzian, A., and Mousavi Shalmani, M. 2014. Determination of soil and plant water balance and its critical stages for rainfed wheat using Crop Water Stress Index (CWSI). Journal of Water and Soil 28 (4): 804-817. (in Persian with English abstract).
18. Feiziasl, V., Kasraei, R., Moghaddam, M., and Valizadeh, G. R. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 23-33. (in Persian with English abstract).
19. Felekari, H., Ghobadi, M., Mohammadi, G., Jalali Honarmand, S., Ghobadi, M., and Saeedi, M. 2014. Effect of supplemental irrigation and nitrogen fertilizer on growth indices of two durum wheat cultivars in Kermanshah conditions 6 (22): 101-113. (in Persian with English abstract).
20. Ghiassi Tarzi, B., and Salehifar, M. 2011. Wheat, flour and related products test methods. Islamic Azad University Science and Research Branch. 308 Pages. (in Persian).
21. Hadi, M., Jalili, S., and Majnooni Heris, A. 2017. Assessing the wheat yield under irrigated and rainfed farming and evaluating the possibility of supplemental irrigation of rainfed by water stored in deficit irrigated farming abstract. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 11 (3): 403-411. (in Persian with English abstract).
22. Halse, N. J., Greenwood, E. A. N., Lapins, P., and Boundy, C. A. P. 2006. An analysis of the effects of nitrogen deficiency on the growth and yield of a Western Australian wheat crop. Australian Journal of Agricultural Research 20 (6): 987-998.
23. Harmsen, K. 1984. Nitrogen fertilizer use in rainfed agriculture. Fertilizer Research 5: 371-382.
24. Heidarpour, N., and Talaee, S. 2017. Effects of supplemental irrigation time and nitrogen rates on yield and agronomic characteristics of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) Kohdasht variety. Iranian Journal of Field Crop Science 47 (4): 541-549. (in Persian with English abstract).
25. Hoseney, R. C. 1986. Principles of cereal science and technology: A General Reference on Cereal Foods. AACC, Minneapolis, Minnesota, USA.
26. Johansson, E., Svensson, G., and Heneen, W. K. 1998. Genotype and environmental effect on factors influencing bread-making quality. In: A. E. Slinkard ed. Proc. 9th Intl. Wheat Genetics Symp 4: 175-177.
27. Limon-Ortega, A. 2009. Wheat grain yield response to N application evaluated through canopy reflectance. Cereal Research Communications 37 (4): 595-601.
28. Maassoudifar, O., and Mohammadkhani, M. A. 1995. Study of effects plant density on quality characteristics in wheat. Iranian Journal of Biology 18 (1): 69-76. (in Persian with English abstract).
29. Mahmood, A., and Shahid, M. 1991. Inheritance of some agronomic characters in wheat (*Ttriticum aestivum* L.). Rachis 1: (26-28).
30. Mandic, V., Krnjaja, V., Tomic, Z., Bijelic, Z., Simic, A., Muslic, D. R., and Gogic, M. 2015. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. Chilean Journal of Agricultural Research 75: 92-97.
31. Mansour, E., Merwad, A., Yasin, M., Abdul-hamid, M., EL-Sobky, E., and Oraby, H. 2017. Nitrogen use efficiency in spring wheat: Genotypic variation and grain yield response under sandy soil conditions. The Journal of Agricultural Science 155 (9): 1407-1423.

32. Matar, A. E., Jabbour, and El Hajj. 1987. Prediction of barley response to fertilizers by means of soil nitrogen and phosphorus tests. p. 12-22. In: A. E. Matar, N. Soltanpour, and A. Chouinard (eds.). Soil test calibration in West Asia and North Africa. Proc. 2nd Regional Workshop, Ankara, Turkey, 1-6 Sept. 1987. ICARDA, Aleppo, Syria.
33. Piri Saray, J. 2017. Feasibility of measuring wheat grain hardness by testing bulk samples using a laboratory mill. Master's thesis, University of Mohaghegh Ardabili.
34. Roostaei, M., Sadegzade-Ahari, D., Roohi, E., Hasanpoor-Hosni, M., Zadhasan, E., Rezaei, R., Eslami, R., Abediasl, G., Soleimani, K., Roohi, E., Pashapour, H., Sanjari, A., Hesami, A., Nader Mahmoodi, K., Haghparast, R., Aghaee, M., Ahmadi, M., Daryaei, A., Afshari, F., Torabi, M., Dehghan, M., Mardokhi, V. 2013. Tak-Ab, a New Winter Bread Wheat Cultivar for Supplementary Irrigation Conditions in Cold Dryland Areas of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2 (3): 177-186. (in Persian with English abstract).
35. Sadras, V. O., and Angus, J. F. 2006. Benchmarking water-use efficiency of rainfed wheat in dry environments. Australian Journal of Agricultural Research 57: 847-856.
36. Sadras, V. O., and McDonald, G. 2012. Water use efficiency of grain crops in Australia: principles, benchmarks and management. Canberra: Grains Research and Development Corporation.
37. Sedri, M., Golchin, A., Mirkhani, R., Fieziasl, V., and Sioseh-mardeh, A. 2017. Effect of nitrogen application management on nitrogen use efficiency in rainfed wheat using 15N Isotope. Iranian Journal of Soil Research 31 (1): 1-17. (in Persian with English abstract).
38. Shepherd, A., Ginn, S. M. C. M., and Wyseure, G. C. L. 2002. Simulation of the effect of water shortage on the yields of winter wheat in North-East England. Ecological Modeling 147: 41-52.
39. Tatari, M., Ahmadi, M., and Abbasi Alikamar, R. 2012. Effect of supplemental irrigation on growth and yield of rainfed wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (2): 448-455. (in Persian with English abstract).
40. Tavakkoli, A. R., and Owise, T. Y. 2002. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management 65: 225-236.
41. Tavakoli, A. R. 2004. An Economic evaluation of supplemental irrigation at optimum rate of nitrogen on wheat in rainfed condition. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research 5 (3): 97-112. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 391-406

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۰۶-۳۹۱

Response of Dryland Winter Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes to Nitrogen Application under Supplemental Irrigation

V. Feiziasl[1]*, J. Jafarzadeh[1], M. Roostaei[2]

Received: 11-07-2021
Accepted: 08-11-2021

Introduction

Wheat is the most important staple food crop in the world as well as in Iran. About 63% of the wheat cultivation areas and 40% of its production is under dryland conditions in Iran. Water and nitrogen are the two most important limiting factors for wheat production in dryland conditions. However, the role of water is about 2.3 to 3.9 times the nitrogen because the water deficiency limits the absorption of the nutrients especially nitrogen. Nitrogen deficiency is very critical than the other nutrients for plant growth in the arid and semi-arid region. Therefore, applying supplemental irrigation (wherever it is possible) at the critical crop growth stages along with nitrogen fertilizer will increase wheat production by increasing the greenness and photosynthetic activity of the plant. In this regard, the cereal department of Dryland Agricultural Research Institute (DARI) has introduced different new wheat cultivars for supplementary irrigation conditions in the last decade. Hence, evaluating the response of bread wheat genotypes to different rates of nitrogen under supplementary conditions, determining the relationship between nitrogen requirement and water status of varieties as well as the relationship between these factors with yield components and effective traits to improve the quantity and quality of the crop, are the key factors for wheat production in dryland areas.

Materials and Methods

A field experiment was conducted to evaluate the response of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to different rates and timing of nitrogen application under supplemental irrigation in 2018-2020 cropping seasons at DARI, Maragheh, Iran. The experimental design was a randomized complete block with three replicates based on split-split-split plot arrangement consisting of two irrigation treatments (50 mm in planting time and 50 mm in planting time + 30 mm at booting stage) in the main plot; nitrogen application time (fall application and split 2/3 in planting time + 1/3 in booting stage) in the sub-plot; four nitrogen rates (0, 40, 80 and 120 kg.ha^{-1}) in the sub-sub-plot and three genotypes (Takab, Hoor and Griset-16 (sup-96-18) in the sub-sub-sub plots. The soil samples were collected from 0-25 cm depth before the sowing and were determined soil texture (loam to silty clay), pH, EC, Organic carbon, P (Olsen method), K (Sodium bicarbonate method), micronutrients (Fe, Mn, Zn, and Cu) by DTPA method. Because all these elements were more than critical levels (P: 10 mg.kg^{-1}; K: 250 mg.kg^{-1}; Fe: 5 mg.kg^{-1}; Mn: 11 mg.kg^{-1}; Zn: mg.kg^{-1} and Cu: 1.4 mg.kg^{-1}) in the soil, only nitrogen rates were used in the experiment (Feiziasl *et al.*, 2004; Feiziasl *et al.*, 2009). The data was collected for biological and grain yield, yield components, plant height, spike length, nitrogen use efficiency (NUE), water use efficiency (WUE), and seed quality (Seed protein, Number of Zeleny Grain hardness, Grain starch). The GenStat14 software was used to combined analysis of variance and mean comparison of traits by Duncan's Multiple Range Test. The CurveExpert 2.6.3 software was used to fit equations, Excel to draw charts and Xlstat2016 software to do principal component analysis.

Results and Discussion

The first year of the experiment produced a significantly higher yield (P≤0.05) due to higher precipitations. Two stages of supplementary irrigation significantly increased biological yield, grain yield, and straw yield by 2975, 895, and 2069 kg ha^{-1}, respectively. Although fall and split application of nitrogen had no significant effect on yield and yield components, fall application increased grain yield, NUE, and WUE by 195 kg.ha^{-1}, 1.97 kg.kg^{-1}, and 0.5 kg.ha^{-1}.mm^{-1}, respectively. Nitrogen application increased grain yield components for which the number of spikes per square meter was increased more than the two others. The nitrogen requirement of dryland wheat was determined 70 kg.ha^{-1} under single irrigation at planting time by fertilizer placement method while it

---

1- Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
2- Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(*- Corresponding Author Email: vfeiziasl@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.71401.1066

was determined 90 kg.ha^{-1} for two stages supplementary irrigation for which 2/3 of it was applied at fall (planting time) and 1/3 at booting stage with supplementary irrigation.

Conclusion

Although the interactions of irrigation, nitrogen rates, application times, and genotypes factors on grain yield were not significant, supplemental irrigation and nitrogen application could increase the yield production of dryland wheat genotypes.

Keywords: Nitrogen use efficiency, Water use efficiency, Yield, Yield components